

甜菜碱在作物上应用的国内研究进展

宁艳东, 兰 西, 王清发*, 张景楼, 杨 国, 徐 驰

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要:甜菜碱是一种生物碱, 普遍存在于动植物体内, 是动植物代谢的中间产物和非常重要的渗透调节物质, 在营养物质的代谢中起着十分重要的作用。本文综述了在低温、盐、干旱、重金属等非生物胁迫下, 施用外源甜菜碱在作物上应用的国内最新研究进展, 并对应用进行了展望。

关键词:甜菜碱; 作物; 应用

中图分类号: TS242.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)02-0141-04

Research Progress of Betaine Application in Crops in China

NING Yandong, LAN Xi, WANG Qingfa*, ZHANG Jinglou, YANG Guo, XU Chi

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 133033, China)

Abstract: Betaine is an alkaloid that is widely present in plants and animals. It is an intermediate product of plant and animal metabolism and a very important osmotic regulator, playing a crucial role in the metabolism of nutrients. In this paper, the latest research progress in the application of exogenous betaine to crops under non biotic stress such as low temperature, salt, drought and heavy metals was reviewed, and the application prospect was also discussed.

Key words: Betaine; Crops; Application

甜菜碱是一种生物碱, 学名为三甲基甘氨酸, 普遍存在于动植物体内, 但以甜菜中含量最高, 是动植物代谢的中间产物和重要的渗透调节物质, 在营养物质的代谢中起着十分重要的作用。甜菜碱可从天然植物的根、茎、叶及果实中提取或采用三甲胺和氯乙酸为原料化学合成, 也是目前研究最多、最有效的相容性物质之一, 可以提高植物对低温、高温、盐、干旱、重金属等非生物胁迫的耐受性。在提高植物的抗逆性及促进植物生长发育研究方面具有广阔的应用前景^[1]。近几年, 国内科研工作者在低温、干旱、NaCl、重金属等胁迫下在大田作物、蔬菜及果树上开展了大量的施入外源甜菜碱试验, 探明了甜菜碱对植物生长的重要作用, 本文加以综述。

1 低温胁迫施入外源甜菜碱对作物的影响

1.1 有效防止作物果实冷害的发生

张苗等^[2]用冷激、甜菜碱、冷激结合甜菜碱 3

种方法处理西葫芦果实, 结果表明均能有效抑制西葫芦果实冷害的发生, 其中以冷激结合甜菜碱处理的效果最佳, 可增加西葫芦果实低温贮运保鲜性能。姚文思等^[3]研究表明, 10 mmol/L 甜菜碱处理能有效减轻西葫芦果实的冷害症状, 维持西葫芦果实在低温贮藏期间的品质。袁梦麒等^[4]采用 15 mmol/L 甜菜碱浸泡处理, 随后于冷害温度 6 °C 下贮藏, 可有效抑制番木瓜果实 SOD、POD 和 CAT 酶活性的下降, 使超氧阴离子产生速率和过氧化氢浓度保持较低的水平, 减少细胞膜透性的增加和膜脂过氧化产物 MDA 的积累, 减缓了番木瓜果实采后冷害的发生。

1.2 增强植物的发芽势, 保护植物幼苗, 促进幼苗生长

刘陈晨等^[5]以叶面喷施的形式研究了甜菜碱对抵御低温冷害的水稻秧苗期生长的影响, 发现叶面喷施一定浓度范围内的甜菜碱, 能缓解低温胁迫对水稻的危害, 并提高水稻秧苗期的各项农艺指标, 以甜菜碱浓度 20 mmol/L 最优, 其秧苗成苗率、苗高、根长、根系平均直径、须根数显著提高; 根长密度、总根系体积、根尖数显著增长; 根总表面积、根系活跃面积显著增加。而当叶面喷施较高浓度甜菜碱 (60 mmol/L) 时; 对水稻秧苗生

收稿日期: 2020-03-23

基金项目: 国家糖料产业技术体系白城综合试验站项目 (CARS170703)

作者简介: 宁艳东 (1967-), 男, 助理研究员, 主要从事甜菜育种及栽培植保研究。

通讯作者: 王清发, 男, 研究员, E-mail: tyc315@163.com

长有抑制作用。董文科等^[6]发现叶施和根施外源甜菜碱均能够有效缓解低温胁迫下苜蓿幼苗苗长、根长、地上及地下生物量和叶绿素含量等指标的降低,增加可溶性糖和游离脯氨酸的含量,阻止叶片相对膜透性和丙二醛含量的升高,显著提高抗氧化酶活性以及非酶抗氧化物质含量。同时,外源甜菜碱还可以促进低温胁迫下苜蓿幼苗内源甜菜碱的积累和甜菜碱脱氢酶活性,增强渗透调节能力,进而提高苜蓿对低温胁迫的抗性。李小玲等^[7],探讨了外源甜菜碱对低温胁迫下黄芩幼苗生理特性的影响,结果表明施加浓度为0.6 g/L外源甜菜碱能有效提高黄芩的抗寒性,甜菜碱喷洒处理能明显缓解冷害。刘术均等^[8]研究发现:甜菜碱对于维持低温胁迫下植物细胞的渗透平衡、提高作物抗逆性具有重要作用,40 mmol/L甜菜碱能够有效缓解低温胁迫对茄子幼苗的氧化损伤,增强茄子幼苗低温胁迫抗性。许高等^[9]研究认为甜菜碱能显著提高不同胁迫下玉米子粒发芽势,显著减少可溶性糖含量。对于幼苗高度和幼苗干鲜重,浸种表现为低温胁迫下抑制效果和低温干旱双胁迫下促进作用。

1.3 抗寒品种的甜菜碱含量较高

左嵩等^[10]研究了甜菜碱及其关键合成酶甜菜碱醛脱氢酶在低温胁迫时对小麦的保护作用,结果发现抗寒品种表现出甜菜碱醛脱氢酶酶活提高,甜菜碱含量大幅增加,这说明甜菜碱醛脱氢酶促进了甜菜碱的积累,同时增加了细胞膜的稳定性,从而增强了冬小麦的耐低温性。

2 盐胁迫下施入外源甜菜碱对作物的影响

我国盐碱化土地面积近1亿公顷,盐碱对植物生长的危害较大,因此改良盐碱地、提高作物的耐盐性是在盐碱地上促进作物生长,提高生产质量的有效途径之一。大量试验证明,施用外源甜菜碱可有效地增强植物的耐盐性。

2.1 提高作物种子的萌发和幼苗生理抗逆指标

马婷燕等^[11]研究表明甜菜碱作为一类重要的渗透调节物质与提高植物抗逆性密切相关,叶施30 mmol/L与根注40 mmol/L时抗逆效果最佳,6项萌发性状和8项生理抗逆指标都显著升高,MDA显著降低。不仅有效提高了苜蓿种子及幼苗的抗盐能力,还能促进苜蓿在盐渍环境下的生长发育。范春丽等^[12]将石榴种子经过甜菜碱400 mg/L浸种预处理,并置于不同盐分梯度下进行种子萌

发试验,结果表明甜菜碱浸种及0.1% NaCl盐胁迫能够促进石榴种子萌发及幼苗健壮;甜菜碱处理能够有效提高石榴幼苗叶片SOD、POD、CAT活性,促进可溶性糖和脯氨酸积累,减少MDA和H₂O₂积累,表明甜菜碱处理能够有效提高石榴幼苗的耐盐性。李善家等^[13]在添加外源甜菜碱处理后,发现各NaCl浓度处理下的SOD、POD和CAT活性均有不同程度的增加,表明甜菜碱能有效减缓盐胁迫对黑果枸杞种子萌发及幼苗生长产生的伤害,提高种子及幼苗的抗盐能力。杨晓云等^[14]研究表明外源甜菜碱可通过促进幼苗的生长、增强根的吸收能力来缓解NaCl胁迫对玉米幼苗生长的抑制,且以1.00 mmol/L甜菜碱处理的效果最好。

2.2 促进植物生长发育,增强光合作用,提高产量

严青青等^[15]研究表明在盐碱地栽培中,叶面喷施甜菜碱(30 mmol/L)可显著改善海岛棉生长发育及光合作用。徐婷等^[16]研究表明5.0 mmol/L外源甜菜碱能有效增加薄皮甜瓜单株鲜重、叶面积、株高及叶绿素含量,在此浓度下产量及品质显著提高,有效提高了薄皮甜瓜抗性,缓解盐胁迫对植株的伤害。郭振洁等^[17]研究发现根施甜菜碱能够促使胡杨叶片甜菜碱积累量发生变化并发挥作用,调节盐胁迫下胡杨光合相关生理过程从而提高其耐盐能力。李小玲等^[18]研究表明施用甜菜碱能有效提高黄芩的抗逆性,其中以根施甜菜碱0.600 g/L的效果最好,能明显提高黄芩的POD、SOD活性,总叶绿素、Pro、可溶性蛋白含量。

3 干旱胁迫下施入外源甜菜碱对作物的影响

张丽等^[19]研究表明20 mmol/L甜菜碱、0.10 mmol/L SNP处理有效地缓解了干旱胁迫。麻黄幼苗渗透调节物质积累和抗氧化酶活性的提高是其抵御干旱胁迫的生理机制。外源SNP、甜菜碱处理可以有效地提高麻黄萌发期的抗旱性。马仲炼等^[20],研究表明在干旱胁迫下,外源甜菜碱、水杨酸处理能有效缓解辣椒叶片相对含水量的下降,抑制MDA含量的增加;同时可提高辣椒叶片可溶性糖、脯氨酸的含量,提高POD、SOD和CAT的活性;外源甜菜碱、水杨酸处理的辣椒叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO₂浓度明显增高,各处理的日平均净光合速率值为甜菜碱>水杨酸>干旱。李爱梅等^[21]认为喷施甜菜碱,能够显著提高平邑甜茶叶片相对含水量,增加叶片可溶性

蛋白、可溶性糖和脯氨酸含量,可显著提高幼苗的SOD、POD、CAT活性,显著降低MDA的积累速度及其累积量,提高净光合速率、瞬时水分利用率。范春丽等^[22]研究表明喷施甜菜碱提高了石榴叶片可溶性糖、游离脯氨酸含量,同时提高渗透调节能力;提高了SOD、CAT、APX抗氧化酶活性,降低了MDA、H₂O₂积累,缓解了干旱胁迫对细胞结构的伤害;同时,提高叶片相对含水量、叶绿素含量,使叶片光合能力增强。马明臻^[23]认为甜菜碱提高苹果幼树抗旱性的主要作用机制可能是其对渗透调节物质代谢的调节及对抗氧化酶等生物大分子物质结构的保护。

4 重金属胁迫下施入外源甜菜碱对作物的影响

姚伟卿等^[24]认为土壤重金属污染导致的农作物重金属累积会提高食用人群的健康风险,故近年来甜菜碱对植物重金属胁迫抗性的研究引起关注。甜菜碱可通过增加根际土壤溶液中低分子有机酸、有机碳和可溶性糖含量促进植物对重金属的吸收,还可通过影响钙、铁等无机离子的吸收转移和增加叶片中果胶、叶绿素含量来促进重金属在叶片的累积,提高植物对重金属胁迫的抗性。

4.1 镉胁迫下施用甜菜碱效果研究

刘方方等^[25]研究表明适宜浓度的外源甜菜碱可显著增强玉米幼苗的抗氧化能力,从而有效减弱镉胁迫对玉米幼苗的伤害。路旭平等^[26]发现在镉(25 mg/L)胁迫下叶施和根施30 mmol/L甜菜碱,紫花苜蓿的叶绿素含量、根长、株高、根部含水量均有显著提高,从而提高镉胁迫下紫花苜蓿种子的发芽率、发芽势、发芽指数以及活力指数。

4.2 铅、镍胁迫下施用甜菜碱效果研究

巴青松等^[27]研究发现根施适宜浓度外源甜菜碱可显著增强小麦幼苗根系的抗氧化能力,恢复根系活力,从而有效缓解铅胁迫对小麦幼苗生长的伤害。刘慧等^[28]研究表明甜菜碱处理后,玉米幼苗体内POD、SOD、CAT活性明显提高,而MDA含量明显降低,表明甜菜碱在一定程度上可缓解重金属铅对玉米幼苗的胁迫。根施适宜浓度外源甜菜碱可显著增强小麦幼苗根系的抗氧化能力,恢复根系活力,从而有效缓解镍胁迫对小麦幼苗生长的伤害^[29]。

4.3 钙胁迫下施用甜菜碱效果研究

韩志平等^[30]研究表明400 mmol/L Ca(NO₃)₂溶液浸种显著抑制了黄瓜种子的萌发;不同浓度甜菜碱浸种均可以缓解Ca(NO₃)₂胁迫对种子萌发的

抑制作用,且随甜菜碱浓度增加,种子的发芽率、发芽指数和活力指数显著提高,芽长和种子鲜重也明显增加,相对电导率和MDA含量显著降低。说明甜菜碱处理可明显缓解Ca(NO₃)₂胁迫对黄瓜种子萌发的抑制,甜菜碱浓度越大,对黄瓜种子萌发的缓解作用越大。

5 施入外源甜菜碱的优势

徐子健等^[31]研究表明镰刀菌酸对西瓜细胞的生长有明显的抑制作用,通过外源添加甜菜碱可以缓解低浓度(≤100 μmol/L)下镰刀菌酸的胁迫,明显降低细胞ROS含量。甜菜碱在参与西瓜抗枯萎病方面具有一定作用,为加强对西瓜枯萎病抗病机制的探索和发掘抗性相关基因提供了理论支持。宋顺等^[32]在小麦播种前利用不同浓度甜菜碱稀释液浸泡小麦种子,研究甜菜碱增产效果和最适宜浓度。结果表明,利用甜菜碱稀释液对小麦进行浸种是提高小麦产量的一种有效途径,当甜菜碱质量浓度达到0.09%时,增产幅度最大,产量显著增加。于海涛等^[33]通过在小麦拔节期和开花后期喷施甜菜碱,研究甜菜碱对小麦的增产效果,结果表明:喷施甜菜碱能够提高小麦的产量,增产效果随着甜菜碱用量的增加而增加,甜菜碱浓度达到0.04%时,小麦产量显著增加。

6 甜菜碱在作物上的应用展望

随着人们对甜菜碱作用的深入认识和了解,必然会在提高作物的抗逆性、生产质量上得到更广泛应用。但在甜菜碱的作用机理上应该更深入地开展研究,王同同等^[34]研究认为甜菜碱对于水稻高GC含量片段PCR扩增的增强效果最明显。通过对多个高GC含量的水稻DNA片段进行PCR扩增,发现1~2 mol/L甜菜碱对于增强PCR扩增效果显著。此外,甜菜碱对于多种DNA聚合酶作用下的PCR扩增均有增强效果。在重金属胁迫下甜菜碱对作物的影响还要进一步研究,从而在缓解重金属对作物胁迫的同时减弱对人们健康的伤害。

参考文献:

- [1] 张天鹏,杨兴洪.甜菜碱提高植物抗逆性及促进生长发育研究进展[J].植物生理学报,2017,53(11):1955-1962.
- [2] 张苗,姜玉,汤静,等.冷激结合甜菜碱处理对西葫芦冷害及能量代谢的影响[J].食品科学,2020,41(7):184-190.
- [3] 姚文思,金鹏,许婷婷,等.外源甘氨酸甜菜碱处理对西葫芦果实冷害和品质的影响[J].核农学报,2018,32(9):1781-1788.

- [4] 袁梦麒,潘永贵,张伟敏,等.甜菜碱处理对番木瓜果实采后冷害及抗氧化系统的影响[J].热带作物学报,2016,37(8):1582-1587.
- [5] 刘陈晨,李旭,任士伟,等.低温胁迫下外源甜菜碱对水稻秧苗期生长的影响[J].江苏农业科学,2019,47(11):100-102.
- [6] 董文科,马祥,周学文,等.外源甜菜碱对低温胁迫下紫花苜蓿幼苗生理特性的影响[J].草地学报,2019,27(1):130-140.
- [7] 李小玲,华智锐.甜菜碱对低温胁迫下黄芩幼苗生理特性的影响[J].贵州农业科学,2019,47(3):119-123.
- [8] 刘术均,刘爱群,何明.外源甜菜碱对低温胁迫下茄子幼苗抗性的影响[J].北方园艺,2018(22):57-61.
- [9] 许高平,刘秀峰,袁文娅,等.水杨酸和甜菜碱浸种对低温干旱胁迫下玉米苗期生长的影响[J].玉米科学,2018,26(6):50-56.
- [10] 左嵩.低温下冬小麦品种间甜菜碱及其代谢途径比较[J].中国农学通报,2019,35(1):6-11.
- [11] 马婷燕,李彦忠.外源甜菜碱对NaCl胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗抗性的影响[J].草业科学,2019,36(12):3100-3110.
- [12] 范春丽,曲金柱.甜菜碱浸种对盐胁迫下石榴种子萌发及幼苗生理的影响[J].中国南方果树,2016,45(1):86-90.
- [13] 李善家,韩多红,王恩军,等.外源甜菜碱对盐胁迫下黑果枸杞种子萌发和幼苗保护酶活性的影响[J].草业科学,2016,33(4):674-680.
- [14] 杨晓云,宋涛,刘辉,等.外源甜菜碱对NaCl胁迫下玉米幼苗生长和叶绿素含量的影响[J].湖北农业科学,2017,56(5):830-833,875.
- [15] 严青青,张巨松,代健敏,等.甜菜碱对盐碱胁迫下海岛棉幼苗光合作用及生物量积累的影响[J].作物学报,2019,45(7):1128-1135.
- [16] 徐婷,樊景胜,赵佰仁,等.外源甜菜碱对盐胁迫下薄皮甜瓜生长及产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2016(2):84-86.
- [17] 郭振洁,王芸,何学敏,等.根施外源甜菜碱对胡杨幼苗叶片积累甜菜碱与耐盐特性的影响[J].干旱区研究,2017,34(4):847-855.
- [18] 李小玲,华智锐,郭青青.甜菜碱对盐胁迫黄芩抗逆性的影响[J].贵州农业科学,2018,46(1):77-81.
- [19] 张丽,贾志国,刘雪霞,等.外源物质对干旱胁迫下麻黄种子萌发及生理特性的影响[J].中药材,2016,39(11):2450-2455.
- [20] 马仲炼,周航飞,谢小玉.外源水杨酸(SA)与甜菜碱(GB)对干旱胁迫下辣椒开花结果期光合特性的影响[J].北方园艺,2019(11):18-23.
- [21] 李爱梅,张玲,张超,等.黄腐酸和甜菜碱预处理对干旱胁迫下平邑甜茶生理特性及光合的影响[J].西北植物学报,2017,37(2):307-314.
- [22] 范春丽,罗青.干旱胁迫下外源甜菜碱对石榴光合作用、渗透调节及保护酶活性的影响[J].江苏农业科学,2016,44(11):229-232.
- [23] 马明臻.干旱胁迫下外源甜菜碱对苹果叶片光合及相关特性的影响[J].中国南方果树,2016,45(5):113-116,120.
- [24] 姚伟卿,朱月琪.甜菜碱对植物重金属胁迫抗性影响的研究进展[J].四川环境,2019,38(1):150-155.
- [25] 刘方方,董书婷,陈思晓,等.根施甜菜碱对镉胁迫下玉米幼苗生理性状的影响[J].赤峰学院学报(自然科学版),2019,35(8):36-37.
- [26] 路旭平,董文科,张然,等.外源甜菜碱对镉胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].草原与草坪,2019,39(6):1-10.
- [27] 巴青松,张兰兰,李桂萍,等.根施甜菜碱对铅胁迫下小麦幼苗根系的活性氧代谢影响[J].云南大学学报(自然科学版),2019,39(6):1-10.
- [28] 刘慧,经怀江,周鑫,等.甜菜碱对铅胁迫下玉米幼苗生理特性的影响[J].阜阳师范学院学报(自然科学版),2017,34(1):46-50.
- [29] 巴青松,张根生,凌玉,等.根施甜菜碱对镍胁迫下小麦幼苗生长生理的影响[J].西北植物学报,2017,37(2):315-320.
- [30] 韩志平,张海霞,陈志远,等.甜菜碱对硝酸钙胁迫下黄瓜种子萌发特性的影响[J].种子,2018,37(2):24-28.
- [31] 徐子健,孙梦利,江雪飞,等.甜菜碱参与西瓜抗枯萎病的初步探究[J].热带作物学报,2018,39(2):355-360.
- [32] 宋顺,于敦洋,于海涛,等.小麦甜菜碱浸种增产效果研究[J].农业科技通讯,2019(9):140-141.
- [33] 于海涛,宋顺,孙亮,等.喷施甜菜碱对小麦增产效果的研究[J].安徽农学通报,2018,24(7):56.
- [34] 王同同,张利平,尹康权.甜菜碱改善水稻高GC含量DNA序列的PCR扩增[J].生物技术通报,2018,34(3):80-86.

(责任编辑:王丝语)